

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-226963

(43)Date of publication of application : 03.09.1996

(51)Int.CI. G01S 13/34

G01S 7/32

// B60R 21/00

(21)Application number : 07-032249 (71)Applicant : FUJITSU TEN LTD

(22)Date of filing : 21.02.1995 (72)Inventor : KAMIMURA MASATSUGU

(54) FM-CM RADAR

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the threshold for extracting the peak frequency of a beat signal obtained by a radar without the influence of noise.

CONSTITUTION: An FM-CM radar obtains the distance speed and the distance of an object from the peak frequency identified by frequency analyzing the beat signal of the transmission signal of a frequency-modulated continuous wave and a received signal, and comprises a first threshold value generator 44 for generating a first threshold value within the width of the frequency for identifying the maximum peak frequency in which the peak value is maximum from the peak frequency, and a second threshold value generator 45 for generating a second threshold value which is lower than the first threshold value to identify the peak frequency except the width of the frequency. A threshold value deciding unit 46 decides the width of the frequency of the first threshold value, and couples it with the second threshold value to decide the final threshold value.

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 04.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3489897

[Date of registration] 07.11.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the FM-CM radar which finds a distance rate with an object, and distance from the peak frequency identified by carrying out frequency analysis of the beat signal of the sending signal of a continuous wave and input signal by which frequency modulation was carried out The 1st threshold generation section which generates the 1st threshold within the width of face of the frequency for identifying the maximum peak frequency whose peak value is max from said peak frequency (44), The 2nd threshold generation section which generates the 2nd threshold lower than the 1st threshold in order to identify a peak frequency except the width of face of said frequency (45), The FM-CM radar characterized by having the threshold decision section (46) which determines the frequency span of said 1st threshold, combines with this and said 2nd threshold and determines a final threshold.

[Claim 2] Said 1st threshold generation section (44) is a FM-CM radar according to claim 1 characterized by calculating the 1st threshold based on the average of power.

[Claim 3] Said 2nd threshold generation section (45) is a FM-CM radar according to claim 1 characterized by calculating the 2nd threshold based on the average of the power in the frequency domain except the width of face of said frequency.

[Claim 4] Said 2nd threshold generation section (45) is a FM-CM radar according to claim 1 characterized by carrying out the multiplication of the multiplier smaller than 1 to the 1st threshold generated in said 1st threshold generation section (44) by forward, and calculating the 2nd threshold.

[Claim 5] In the FM-CM radar which finds a distance rate with an object, and distance from the peak frequency identified by carrying out frequency analysis of the beat signal of the sending signal of a continuous wave and input signal by which frequency modulation was carried out The all-encompassing detecting element for detecting the maximum peak frequency whose peak value is max from said peak frequency (48), The 2nd peak value detecting element which detects the peak frequency of big peak value from said peak frequency to the 2nd except for said maximum peak frequency (49), The 1st threshold generation section which carries out the multiplication of the multiplier smaller than 1 to all encompassing detected by said all-encompassing detecting element (48) within the width of face of the frequency for identifying said maximum peak frequency by forward, and generates the 1st threshold (51), The multiplication of the multiplier smaller than 1 is carried out to the big peak value to the 2nd detected by said

2nd peak value detecting element (49) in order to identify said peak frequency of the big peak value to the 2nd by forward. The 2nd threshold generation section which generates the 2nd threshold smaller than said 1st threshold except the width of face of said frequency (52), The FM-CM radar characterized by having the threshold decision section (46) which determines the width of face of the frequency of said 1st threshold, combines with this and said 2nd threshold and determines a final threshold.

[Claim 6] Said 2nd peak value detecting element (49) is a FM-CM radar according to claim 5 characterized by detecting the frequency of the biggest peak value in the frequency domain except the width of face of said frequency.

[Claim 7] Said threshold decision section (46) is a FM-CM radar according to claim 1 or 5 characterized by enlarging the frequency span of the 1st threshold as the peak value of the maximum peak frequency becomes large.

[Claim 8] Said threshold decision section (46) is a FM-CM radar according to claim 1 or 5 characterized by making the frequency span of the 1st threshold small as the maximum peak frequency becomes large.

[Claim 9] Said threshold decision section (46) is a FM-CM radar according to claim 1 or 5 characterized by making the frequency span of the 1st threshold small as the peak value of the maximum peak frequency becomes large.

[Claim 10] Said threshold decision section (46) is a FM-CM radar according to claim 1 or 5 characterized by enlarging the frequency span of the 1st threshold as the peak value of the maximum peak frequency becomes large, and as the maximum peak frequency becomes large.

[Claim 11] Said threshold decision section (46) is a FM-CM radar according to claim 1 or 5 characterized by enlarging the frequency span of the 1st threshold as the peak value of the maximum peak frequency becomes large, and making the frequency span of the 1st threshold small as the maximum peak frequency becomes large.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8 - 2 2 6 9 6 3

(43) 公開日 平成8年 (1996) 9月3日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 S 13/34			G 0 1 S 13/34	
7/32			7/32	B
// B 6 0 R 21/00	6 2 0	8817 - 3 D	B 6 0 R 21/00	6 2 0 B

審査請求 未請求 請求項の数 1 1 O L

(全 1 0 頁)

(21) 出願番号 特願平7-32249

(22) 出願日 平成7年 (1995) 2月21日

(71) 出願人 000237592

富士通テン株式会社

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

(72) 発明者 上村 正継

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

富士通テン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

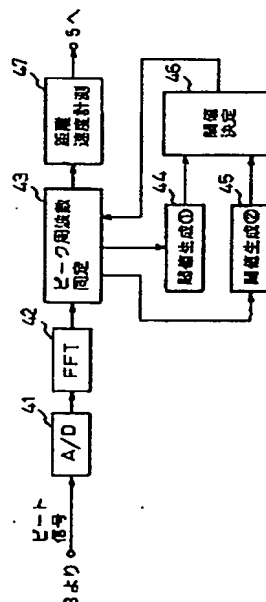
(54) 【発明の名称】 FM-CMレーダ

(57) 【要約】

【目的】 レーダにより得られたビート信号のピーク周波数を、ノイズの影響を受けずに、抽出するための閾値の改善を行う。

【構成】 周波数変調された連続波の送信信号と受信信号とのビート信号を周波数分析して同定されたピーク周波数から対象物との距離速度、距離を求めるFM-CMレーダに、ピーク周波数からピーク値が最大である最大ピーク周波数を同定するための周波数の幅内で第1の閾値を生成する第1閾値生成部44と、周波数の幅以外でピーク周波数を同定するために第1の閾値よりも低い第2の閾値を生成する第2の閾値生成部45とが設けられる。閾値決定部46は第1の閾値の周波数幅を決定し、これと第2の閾値と結合して最終的な閾値を決定する。

本発明の実施例に係るFM-CWレーダでの信号を処理する処理部4の概略構成を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 周波数変調された連続波の送信信号と受信信号とのビート信号を周波数分析して同定されたピーク周波数から対象物との距離速度、距離を求める FM-CM レーダにおいて、

前記ピーク周波数からピーク値が最大である最大ピーク周波数を同定するための周波数の幅内で第 1 の閾値を生成する第 1 閾値生成部 (44) と、

前記周波数の幅以外でピーク周波数を同定するために第 1 の閾値よりも低い第 2 の閾値を生成する第 2 の閾値生成部 (45) と、

前記第 1 の閾値の周波数幅を決定し、これと前記第 2 の閾値と結合して最終的な閾値を決定する閾値決定部 (46) とを備えることを特徴とする FM-CM レーダ。

【請求項 2】 前記第 1 閾値生成部 (44) は、パワーの平均値を基に第 1 の閾値を求めることを特徴とする請求項 1 に記載の FM-CM レーダ。

【請求項 3】 前記第 2 の閾値生成部 (45) は前記周波数の幅を除いた周波数領域でのパワーの平均値を基に第 2 の閾値を求めることを特徴とする、請求項 1 に記載の FM-CM レーダ。

【請求項 4】 前記第 2 の閾値生成部 (45) は、前記第 1 閾値生成部 (44) で生成される第 1 の閾値に正で 1 より小さい係数を乗算して第 2 の閾値を求めることを特徴とする、請求項 1 に記載の FM-CM レーダ。

【請求項 5】 周波数変調された連続波の送信信号と受信信号とのビート信号を周波数分析して同定されたピーク周波数から対象物との距離速度、距離を求める FM-CM レーダにおいて、

前記ピーク周波数からピーク値が最大である最大ピーク周波数を検出するための最大ピーク値検出部 (48) と、

前記ピーク周波数から前記最大ピーク周波数を除き 2 番目に大きなピーク値のピーク周波数を検出する 2 番目のピーク値検出部 (49) と、

前記最大ピーク周波数を同定するための周波数の幅内で前記最大ピーク値検出部 (48) で検出された最大ピーク値に正で 1 より小さい係数を乗算して第 1 の閾値を生成する第 1 閾値生成部 (51) と、

前記 2 番目に大きなピーク値のピーク周波数を同定するために前記 2 番目のピーク値検出部 (49) で検出された 2 番目に大きなピーク値に正で 1 より小さい係数を乗算して、前記周波数の幅以外で前記第 1 の閾値よりも小さい第 2 の閾値を生成する第 2 閾値生成部 (52) と、

前記第 1 の閾値の周波数の幅を決定し、これと前記第 2 の閾値と結合して最終的な閾値を決定する閾値決定部 (46) とを備えることを特徴とする FM-CM レーダ。

【請求項 6】 前記 2 番目のピーク値検出部 (49)

は、前記周波数の幅を除いた周波数領域で最も大きなピーク値の周波数を検出することを特徴とする、請求項 5 に記載の FM-CM レーダ。

【請求項 7】 前記閾値決定部 (46) は、最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて第 1 の閾値の周波数幅を大きくすることを特徴とする、請求項 1 又は 5 に記載の FM-CM レーダ。

【請求項 8】 前記閾値決定部 (46) は、最大ピーク周波数が大きくなるにつれて第 1 の閾値の周波数幅を小さくすることを特徴とする、請求項 1 又は 5 に記載の FM-CM レーダ。

【請求項 9】 前記閾値決定部 (46) は、最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて第 1 の閾値の周波数幅を小さくすることを特徴とする、請求項 1 又は 5 に記載の FM-CM レーダ。

【請求項 10】 前記閾値決定部 (46) は、最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて、かつ、最大ピーク周波数が大きくなるにつれて第 1 の閾値の周波数幅を大きくすることを特徴とする、請求項 1 又は 5 に記載の FM-CM レーダ。

【請求項 11】 前記閾値決定部 (46) は、最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて第 1 の閾値の周波数幅を大きくし、かつ、最大ピーク周波数が大きくなるにつれて第 1 の閾値の周波数幅を小さくすることを特徴とする、請求項 1 又は 5 に記載の FM-CM レーダ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、周波数変調 (FM) された連続波 (CW) を用いたレーダに関し、特に本発明は、このレーダにより得られたビート信号のピーク周波数を、ノイズの影響を受けずに、抽出するための閾値の改善を図ることができる FM-CM レーダを提供することを目的とする。

【0002】

【従来の技術】図 15 は従来の FM-CM レーダの概略を示す図である。なお、全図を通じて同一の構成要素には同一の参照番号又は記号を付して示す。本図に示すように、FM-CM レーダは、車両に搭載され、車間距離、速度を計測するものであり、三角波状に周波数変調された連続波 f_0 を送信する送信機 1 と、送信機 1 に接続され対象物からの反射波を受信するアンテナ 2 と、アンテナ 2 で受信された受信信号 $f_0 + f_d$ と送信機 1 の送信信号 f_0 とを混合してビート信号を形成する混合器 3 と、混合器 3 のビート信号から車間距離、速度を算出する処理を行う処理部 4 と、処理部 4 で得られた車間距離、速度を表示する表示器 5 とを具備する。ここに、 f_d は対象物とのドプラ周波数である。

【0003】図 16 は図 15 の FM-CM レーダの信号波形を示す図である。本図 (a) に示すように、送信機

1は実線のような送信信号を送信し、アンテナ3は点線のような受信信号を受信する。本図(b)に示すように、対象物が停止しておりドブラ効果を考慮しない場合のビート信号を f_r とすると、ドブラ効果がある場合のビート信号の周波数は、FM周波数変調の上昇中は、

$$f_b = f_r - f_d$$

であり、下降中は、 $f_b = f_r + f_d$ となる。

【0004】このため、

$$f_r = (f_b + f_b) / 2$$

$$f_d = (f_b - f_b) / 2$$

のような関係がある。ここで、FMの繰り返し周波数を f_m とし、周波数偏移幅を Δf とし、 C を光速とすると、対象物との距離 R は、

$$R = f_r \cdot C / (4 \cdot f_m \cdot \Delta f)$$

となる。

【0005】また、対象物との相対速度 V は、 $V = f_d \cdot C / f_0$ となる。ここで、 f_0 は送信波周波数である。したがって、処理部4では、ビート信号を周波数分析して、 f_b 、 f_b を求め、 f_r 、 f_d を算出した後に、距離 R 、速度 V を得ていた。そして、これらの距離 R 、速度 V を表示器5に表示していた。

【0006】これに関連する従来技術として、特開平4-318700号公報に記載するものがある。ここでは、ビート信号を周波数分析してピーク周波数を得る際に、ノイズからの影響を受けないようにするために、ピーク周波数を得るために閾値を設けるが、その閾値はパワーの平均値に所定の係数を乗算して求めている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記閾値が極端に大きな対象物を捕らえた場合、周波数分析において、閾値が大きくなり、最大ピーク周波数の周辺だけでなく、ある程度離れた位置の小さなピーク周波数すらも対象物として認識できなくなってしまうという問題点があった。逆に、最大ピーク周波数に対して十分小さくなるように閾値を設定すれば、通常時にとっては閾値が小さくなりすぎ、ノイズをピーク周波数として捕らえてしまうことになる。

【0008】したがって、本発明は、上記問題点を鑑み、最大ピーク周波数の周辺だけでなくある程度離れた位置の小さなピーク周波数も適切に捕らえることができるFM-CMレーダを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記問題点を解決するために、次の構成を有するFM-CMレーダを提供する。すなわち、第1の発明として、周波数変調された連続波の送信信号と受信信号とのビート信号を周波数分析して同定されたピーク周波数から対象物との速度、距離を求めるFM-CMレーダに、前記ピーク周波数からピーク値が最大である最大ピーク周波数を同定するための周波数の幅内で第1の閾値を生成する第1閾値

生成部と、前記周波数の幅以外でピーク周波数を同定するために第1の閾値よりも低い第2の閾値を生成する第2の閾値生成部とが設けられる。閾値決定部は前記第1の閾値の周波数幅を決定し、これと前記第2の閾値と結合して最終的な閾値を決定する。

【0010】前記第1閾値生成部は、パワーの平均値を基に第1の閾値を求めるようにしてもよい。前記第2の閾値生成部は前記周波数の幅を除いた周波数領域でのパワーの平均値を基に第2の閾値を求めるようにしてもよい。前記第2の閾値生成部は、前記第1閾値生成部で生成される第1の閾値に正で1より小さい係数を乗算して第2の閾値を求めるようにしてもよい。

【0011】第2の発明として、周波数変調された連続波の送信信号と受信信号とのビート信号を周波数分析して同定されたピーク周波数から対象物との速度、距離を求めるFM-CMレーダに、前記ピーク周波数からピーク値が最大である最大ピーク周波数を検出するための最大ピーク値検出部と、前記ピーク周波数から前記最大ピーク周波数を除き2番目に大きなピーク値のピーク周波数を検出する2番目のピーク値検出部と、前記最大ピーク周波数を同定するための周波数の幅内で前記最大ピーク値検出部で検出された最大ピーク値に正で1より小さい係数を乗算して第1の閾値を生成する第1閾値生成部と、前記2番目に大きなピーク値のピーク周波数を同定するために前記2番目のピーク値検出部で検出された2番目に大きなピーク値に正で1より小さい係数を乗算して、前記周波数の幅以外で前記第1の閾値よりも小さい第2の閾値を生成する第2閾値生成部とが設けられる。閾値決定部は前記第1の閾値の周波数の幅を決定し、これと前記第2の閾値と結合して最終的な閾値を決定する。

【0012】前記2番目のピーク値検出部は、前記周波数の幅を除いた周波数領域で最も大きなピーク値の周波数を検出するようにしてもよい。前記閾値決定部は、最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を大きくするようにしてもよい。前記閾値決定部は、最大ピーク周波数が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を小さくするようにしてもよい。

【0013】前記閾値決定部は、最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を小さくするようにしてもよい。前記閾値決定部は、最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて、かつ、最大ピーク周波数が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を大きくするようにしてもよい。

【0014】前記閾値決定部は、最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を大きくし、かつ、最大ピーク周波数が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を小さくするようにしてもよい。

【0015】

【作用】本発明のFM-CMレーダによれば、第1の発

明として、最大ピーク周波数を同定するための周波数の幅内で第1の閾値を生成し、前記周波数の幅以外でピーク周波数を同定するために第1の閾値よりも低い第2の閾値を生成し、前記第1の閾値の周波数幅を決定し、これと前記第2の閾値と結合して最終的な閾値を決定することにより、遠方のやや小さな対象物もノイズの影響を受けずに検出できるようになる。前記第1閾値生成部で生成される第1の閾値に正で1より小さい係数を乗算して第2の閾値を求めることにより構成が簡単化する。第2の発明として、前記最大ピーク周波数を同定するための周波数の幅内で前記最大ピーク値検出部で検出された最大ピーク値に正で1より小さい係数を乗算して第1の閾値を生成し、前記2番目に大きなピーク値のピーク周波数を同定するために前記2番目のピーク値検出部で検出された2番目に大きなピーク値に正で1より小さい係数を乗算して、前記周波数の幅以外で前記第1の閾値よりも小さい第2の閾値を生成し、前記第1の閾値の周波数の幅を決定し、これと前記第2の閾値と結合して最終的な閾値を決定することにより、より簡単な構成で、遠方のやや小さな対象物もノイズの影響を受けずに検出できるようになる。前記周波数の幅を除いた周波数領域で最も大きなピーク値の周波数を検出することにより、関係ある帯域毎に閾値を決定することで、適切な設定をすることが可能になる。最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を大きくすることにより、最大ピークが大きな場合は対象物の大きさが比較的大きいので、複数の対象物が存在しても近くにはないとみなせ、幅を広げることができ、ノイズの影響による誤動作を防止できる。最大ピーク周波数が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を小さくすることにより、周波数が大きい場合は、距離が長いことを意味し、この場合、対象物の分離は近距離ほどは必要度が低い。このため、近距離になるほど高い閾値の帯域を狭くすることで対象物の分離可能正を大きくすることができる。最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を小さくすることにより、上記の場合とは別の観点からピークが大きいほどその近くのピーク

が隠れがちになるので周波数の幅を狭くすることで、対象物を捕らえ易くする。最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて、かつ、最大ピーク周波数が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を大きくするような組み合わせで適切な閾値の設定が行える。同様に、最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を大きくし、かつ、最大ピーク周波数が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を小さくするような組み合わせでより適切な閾値の設定が行える。

10 【0016】

【実施例】以下本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1は本発明の実施例に係るFM-CMレーダでの信号を処理する処理部4の概略構成を示す図である。本図に示す処理部4は、最大ピーク周波数のピーク値の大きさと周波数とから大きい閾値と、小さい方の閾値とを算出しこの2つの閾値を組み合わせ、閾値を決定するように、ビート信号をアナログからデジタルに変換するA/D変換器41 (Analog to Digital Converter) と、デジタル信号を入力し周波数分析を行うためにFFT (Fast Fourier Transformation) からなる周波数分析部42と、周波数分析結果と閾値とを基にビート信号のピーク周波数を同定するピーク周波数同定部43と、ピーク周波数同定部43からのデータを基に第1の閾値を生成する第1閾値生成部44と、第2の閾値を生成する第2閾値生成部45と、第1閾値生成部44及び第2閾値生成部45により生成された閾値を基に決定した決定閾値をピーク周波数同定部43に出力する閾値決定部46と、同定ピーク周波数により対象物との距離、速度を計算する距離速度計測部47とを具備する。

20 【0017】第1閾値生成部44、第2閾値生成部45及び閾値決定部46の第1の例について説明する。大きい方の閾値を生成する第1閾値生成部44では、N分割に離散された信号 $f(nT)$ ($0 \leq n \leq N$) の離散フーリエ変化により演算される周波数 $(2\pi k)/N$ ($0 \leq k \leq N$) の成分 $F(k)$ は次式で表わされる。

【0018】

【数1】

7

8

$$F(k) = \sum_{n=0}^{N-1} f(nT) w^{nk}$$

$$= \sum_{n=0}^{N-1} f(nT) \left[\cos \left(\frac{2\pi nk}{N} \right) - j \sin \left(\frac{2\pi nk}{N} \right) \right]$$

$$= \text{Re}(k) + j \text{Im}(k)$$

ただし $\text{Re}(k)$ は実数部

$\text{Im}(k)$ は虚数部

$$w = \exp \left[j \frac{2\pi}{N} \right]$$

j は虚数単位

【0019】そして、信号 $f(nT)$ の全パワー P_{total1} が次式で演算される。

【0020】

【数2】

$$P_{\text{total1}} = \sqrt{\sum_{k=0}^{N-1} \{ \text{Re}(k)^2 + \text{Im}(k)^2 \}}$$

【0021】次に平均パワー P_{av1} が次式により演算される。

$$P_{\text{av1}} = P_{\text{total1}} / N$$

そして、平均パワー P_{av1} に予め定められた所定の係数 α が乗算され、この値が閾値として次式により生成される。

$$L1 = \alpha \cdot P_{\text{av1}}$$

図2は図1の閾値決定部46の決定で用いられる最大ピーク周波数のピーク大きさと閾値決定に用いる周波数の幅との関係を説明する図である。本図に示すように、閾値決定部46では、最大ピーク周波数 $f_p (= 2\pi k_p / N)$ のピークの大きさ P と閾値決定に用いるべき周波数の幅 $\Delta f (= \pm 2\pi \Delta k / N)$ との関係が記憶されており、その関係ではそのピーク P が大きくなるに従ってその周波数の幅 Δf が大きくなるようにしてある。閾値決定部46は、大きい方の閾値を、最大ピーク周波数 f_p を中心として、周波数幅 Δf 内で有効として決定する。

【0022】一方、小さい方の閾値を生成する第2閾値生成部45では、最大ピーク周波数 f_p として、周波数の幅 Δf_p 以外の閾値を次式により演算する。

【0023】

【数3】

$$P_{\text{total2}} = \sqrt{\sum_{k=0}^{N-2\Delta k} \{ \text{Re}(k)^2 + \text{Im}(k)^2 \}}$$

$$+ \sum_{k=N-2\Delta k+1}^{N-1} (\text{Re}(k)^2 + \text{Im}(k)^2)$$

【0024】次に平均パワー P_{av2} が次式により演算される。

$$P_{\text{av2}} = P_{\text{total2}} / (N - 2\Delta k)$$

そして、平均パワー P_{av1} に予め定められた所定の係数 β が乗算され、この値が閾値として次式により生成される。

$$L2 = \beta \cdot P_{\text{av2}}$$

図3は本実施例により得られたビート信号の周波数特性を説明する図である。本図に示すように、最大ピーク周波数の周辺のピーク周波数、さらに最大ピーク周波数から離れたピーク周波数を有効とすることにより、これらは、従来閾値よりも小さいものとして検出されなかったが、最大ピーク周波数よりある範囲を越えたところでは、低い閾値を設定するので、検出することが可能になった。また、最大ピーク周波数のピーク値が大きい場合、対象物の大きさが比較的大きいことが考えられる。この場合、複数の対象物が存在したとしても、それらが近くにいないと考えられ、周波数幅を広くすることができるので、ノイズの影響による誤動作を防止できる。

【0025】図4は図2の最大ピーク周波数のピーク大きさと閾値決定に用いる周波数の幅との関係の変形例を示す図である。本図(a)、(b)に示すように、コンピュータで制御する場合などメモリを節約する必要がある場合に、最大ピーク周波数のピークの大きさ P ($m_0, m_1, m_2 : m_0 < m_1 < m_2$) に対して閾値決定に用いる周波数の幅 Δf の変化を階段状 w_0, w_1, w_2, w_3

($w_0 < w_1, w_2, w_3$ にすることも可能である。

【0026】図5は周波数幅を決定するフローチャートである。ステップS1において、Pに最大ピーク周波数のピークの大きさを設定する。ステップS2において、fpに最大ピーク周波数を設定する。ステップS3において、 $m < m_0$ が成立するか否かを判断する。この判断が「YES」ならステップS6に進み、「NO」ならステップS4に進む。

【0027】ステップS4において、 $m < m_1$ が成立するか否かを判断する。この判断が「YES」ならステップS7に進み、「NO」ならステップS5に進む。ステップS5において、 $m < m_2$ が成立するか否かを判断する。この判断が「YES」ならステップS8に進み、「NO」ならステップS9に進む。ステップS6において、 $\Delta f = w_0$ として、ステップS10に進む。

【0028】ステップS7において、 $\Delta f = w_1$ として、ステップS10に進む。ステップS8において、 $\Delta f = w_2$ として、ステップS10に進む。ステップS9において、 $\Delta f = w_3$ として、ステップS10に進む。ステップS10において、閾値の始まり周波数 f_{ps} 、閾値の終わり周波数 f_{ps} とし、

$$f_{ps} = f_p - \Delta f / 2$$

$$f_{pe} = f_p + \Delta f / 2$$

とする(図3参照)。

【0029】図6は最大ピーク周波数と閾値決定に用いる周波数幅との関係を示す図である。本図(a)に示すように、閾値決定部46では、最大ピーク周波数が大きくなるにしたがって、閾値決定に用いる周波数幅を小さくするように制御してよい。また、本図(b)に示すように、コンピュータで制御する場合など、メモリを節約する必要がある時には、変化を階段状にすることも可能である。

【0030】このようにするのは、最大ピーク周波数が大きい場合は、対象物までの距離が長いことを意味し、この場合、この対象物と周辺の対象物との分離は近距離の場合ほどは必要度が低い。逆に言うと、近距離になるほど高い閾値の周波数幅を狭くすることで、周辺の対象物の分離可能性を大きくすることができる。図7は図2の第2閾値生成部45の変形例を示す図である。本図に示すように、簡素化のために、第2閾値生成部45は第1閾値生成部44の高い方の閾値 L_1 に所定の係数 r を乗算して、低い方の L_2 を、以下のように、求めるようにしてもよい。

$$L_2 = r \cdot L_1 \quad (0 < r < 1)$$

このように、簡単な構成で低い閾値を求めることが可能になる。これまでは、閾値自体は、周波数のスペクトルの平均から算出していたが、これを以下のように簡単化する。図8は図1の処理部4の主要部の変形例を示す図である。本図に示すように、処理部4には、第1閾値生成部51及びピーク周波数同定部47の間に最大ピーク値検出部48と、第2閾値生成部52及びピーク周波数

同定部47の間に2番目のピーク値検出部49が設けられ、最大ピーク値検出部48は、最大ピーク値 mp を検出し、2番目のピーク値検出部49は最大ピーク以外の二番目に大きなピーク値 mq を検出する。

【0032】図9は第1の閾値及び第2の閾値の生成を説明する図である。第1閾値生成部51では、本図に示すような第1の閾値 (L_1) を、

$$L_1 = \alpha_1 \cdot mp \quad (0 < \alpha_1 < 1)$$

として求め、第2閾値生成部52では第2の閾値 (L_2) を、

$$L_2 = \alpha_2 \cdot mq \quad (0 < \alpha_2 < 1)$$

として求める。ただし、 $L_1 > L_2$ である。

【0033】このように、大きい方から2つのピーク値を検出するだけでよいので、簡単に2つの閾値が生成できる。図10は図8のさらになる変形例を示す図である。本図に示すように、2番目のピーク値検出部49は、閾値決定部46で決定された周波数の帯域(幅)の情報を入力し、この周波数の幅(帯域)を除外した領域の中で最大ピーク値を選択して、第2閾値生成部52に出力する。

【0034】図11は第1の閾値及び第2の閾値の生成を説明する図である。本図に示すように、関係ある帯域毎に閾値を決定することができ、より適切な閾値の設定が可能になる。図12は図2の関係の他の変形例を示す図である。本図に示すように、第1の閾値について、最大ピーク周波数のピークの大きさが大きくなるにつれて、閾値決定に用いる周波数の幅を小さくするようにしてもよい。図2に示すものと別の観点から最大ピーク周波数のピークが大きいほどその近くのピークが隠れがちになる場合には、周波数の幅を小さくすることにより対象物を取りやすくするためである。

【0035】図13は図2の関係のさらなる別の変形例を説明する図である。本図に示すように、周波数の幅が最大ピーク周波数のピークの大きさと周波数の大きさを基に決定される。すなわち、一例として、その周波数の大きさを「小」、「中」、「大」、そのピークの大きさを「小」、「中」、「大」としたマトリクスにおいて、周波数の幅 Δf_1 、 Δf_2 、 Δf_3 、 Δf_4 、 Δf_5 、 Δf_6 ($\Delta f_1 < \Delta f_2 < \Delta f_3 < \Delta f_4 < \Delta f_5 < \Delta f_6$) とし、周波数の大きさと、ピークの大きさとが共に大きくなるにつれて、周波数の幅は大きくなるように設定される。

【0036】このようにして、適切な閾値設定が可能になる。図14は図2の関係のさらなる他の変形例を説明する図である。本図に示すように、周波数の大きさが大きくなるにつれて周波数の幅は大きくなるよう、ピークの大きさが大きくなるにつれて、周波数の幅は小さくなるように設定される。

【0037】このようにして、適切な閾値設定が可能になる。

【0038】

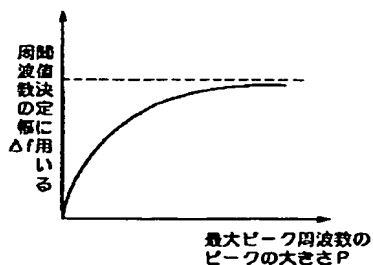
【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、第1の発明として、最大ピーク周波数を同定するための周波数の幅内で第1の閾値を生成し、周波数の幅以外でピーク周波数を同定するために第1の閾値よりも低い第2の閾値を生成し、第1の閾値の周波数幅を決定し、これと第2の閾値と結合して最終的な閾値を決定するので、遠方のやや小さな対象物もノイズの影響を受けずに検出できるようになる。第2の発明として、最大ピーク周波数を同定するための周波数の幅内で最大ピーク値検出部で検出された最大ピーク値に正で1より小さい係数を乗算して第1の閾値を生成し、2番目に大きなピーク値のピーク周波数を同定するために2番目のピーク値検出部で検出された2番目に大きなピーク値に正で1より小さい係数を乗算して、周波数の幅以外で第1の閾値よりも小さい第2の閾値を生成し、第1の閾値の周波数の幅を決定し、これと第2の閾値と結合して最終的な閾値を決定するので、より簡単な構成で、遠方のやや小さな対象物もノイズの影響を受けずに検出できるようになる。最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を大きくするので、最大ピークが大きな場合は対象物の大きさが比較的大きいので、複数の対象物が存在しても近くにはないとみなせ、幅を広げることができ、ノイズの影響による誤動作を防止できる。最大ピーク周波数が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を小さくするので、周波数が大きい場合は、距離が長いことを意味し、この場合、対象物の分離は近距離ほどは必要度が低い。このため、近距離になるほど高い閾値の帯域を狭くすることで対象物の分離可能性を大きくすることができる。最大ピーク周波数のピーク値が大きくなるにつれて第1の閾値の周波数幅を小さくすることにより、上記の場合とは別の観点からピークが大きいほどその近くのピークが隠れがちになるので周波数の幅を狭くすることで、対象物を捕らえ易くする。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係るFM-CMレーダでの信

【図2】

図1の閾値決定部46の決定で用いられる最大ピーク周波数のピーク大きさと閾値決定に用いる周波数の幅との関係を説明する図



号を処理する処理部4の概略構成を示す図である。

【図2】図1の閾値決定部46の決定で用いられる最大ピーク周波数のピーク大きさと閾値決定に用いる周波数の幅との関係を説明する図である。

【図3】本実施例により得られたビート信号の周波数特性を説明する図である。

【図4】図2の最大ピーク周波数のピーク大きさと閾値決定に用いる周波数の幅との関係の変形例を示す図である。

10 【図5】周波数幅を決定するフローチャートである。

【図6】最大ピーク周波数と閾値決定に用いる周波数幅との関係を示す図である。

【図7】図2の第2閾値生成部45の変形例を示す図である。

【図8】図1の処理部4の主要部の変形例を示す図である。

【図9】第1の閾値及び第2の閾値の生成を説明する図である。

【図10】図8のさらなる変形例を示す図である。

20 【図11】第1の閾値及び第2の閾値の生成を説明する図である。

【図12】図2の関係の他の変形例を示す図である。

【図13】図2の関係のさらなる別の変形例を説明する図である。

【図14】図2の関係のさらなる他の変形例を説明する図である。

【図15】従来のFM-CMレーダの概略を示す図である。

30 【図16】図15のFM-CMレーダの信号波形を示す図である。

【符号の説明】

44、51…第1閾値生成部

45、52…第2閾値生成部

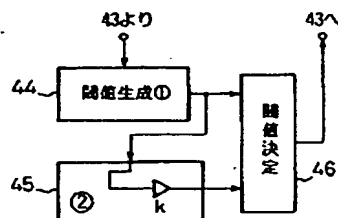
46…閾値決定部

48…最大ピーク値検出部

49…2番目のピーク値検出部

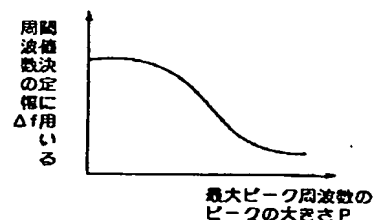
【図7】

図2の第2の閾値生成部45の変形例を示す図



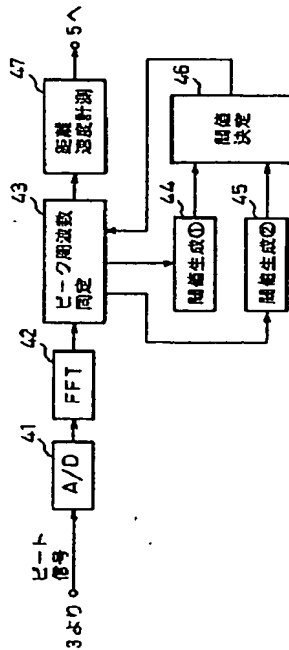
【図12】

図2の関係の他の変形例を説明する図



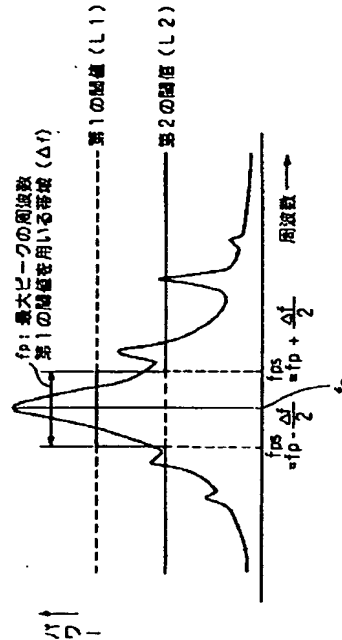
【図 1】

本発明の実施例に係るFM-CWレーダでの信号を処理する処理部4の概略構成を示す図



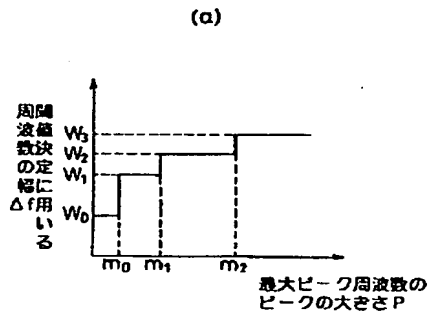
【図 3】

本実施例により得られるビート信号の周波数特性を説明する図



【図 4】

図 2 の最大ピーク周波数のピーク大きさと閾値決定に用いる周波数の幅との関係の変形例を示す図

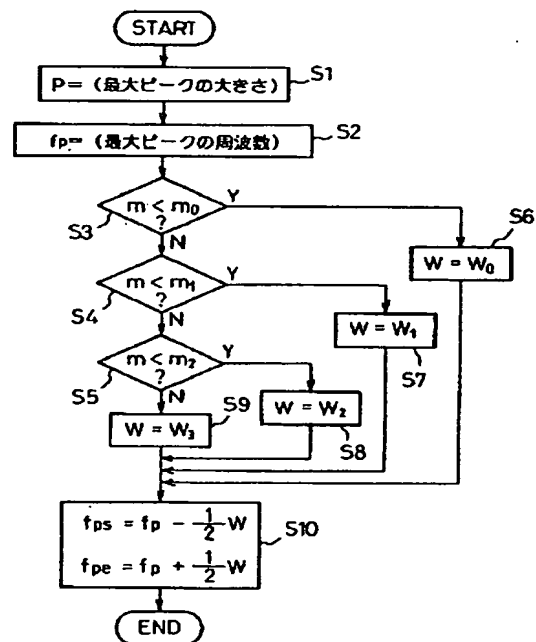


(b)

ピークの大きさ (P)	$m < m_0$	$m_0 \leq m < m_1$	$m_1 \leq m < m_2$	$m_2 < m$
閾値の幅 Δf	W_0	W_1	W_2	W_3

【図 5】

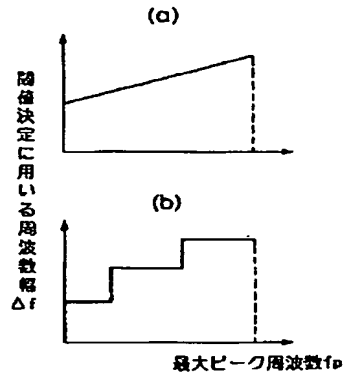
周波数幅を決定するフローチャート



fps: 閾値 1 のはじまりの周波数
fpe: 閾値 1 の終わりの周波数

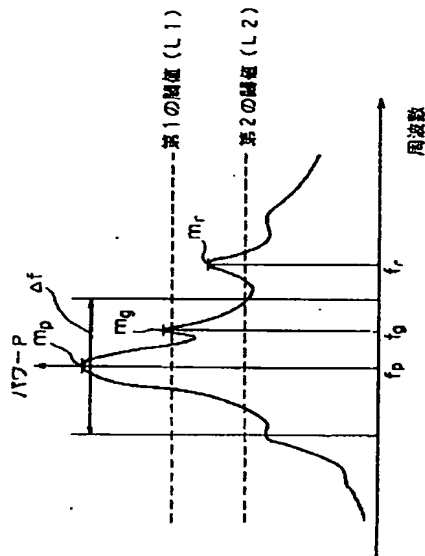
【図 6】

最大ピーク周波数と閾値決定に用いる周波数幅との関係を示す図



【図 9】

第1の閾値及び第2の閾値の生成を説明する図



【図 14】

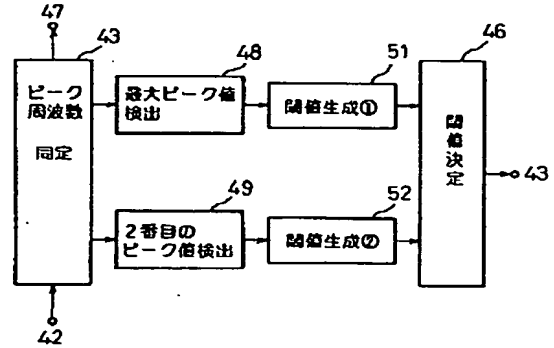
図2の閾値のさらなる他の変形例を説明する図

周波数 大きさ	小	中	大
小	Δf_4	Δf_5	Δf_6
中	Δf_2	Δf_3	Δf_5
大	Δf_1	Δf_2	Δf_4

$$\Delta f_1 < \Delta f_2 < \Delta f_3 < \Delta f_4 < \Delta f_5 < \Delta f_6$$

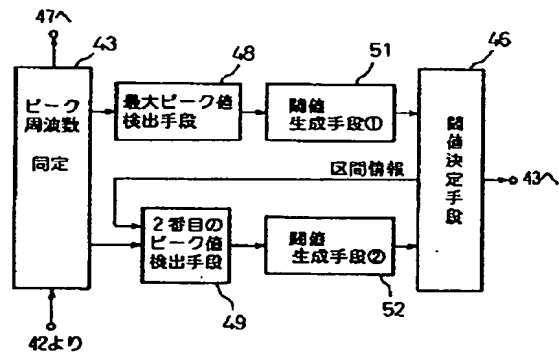
【図 8】

図1の処理部4の主要部の変形例を示す図



【図 10】

図8のさらなる変形例を示す図



【図 13】

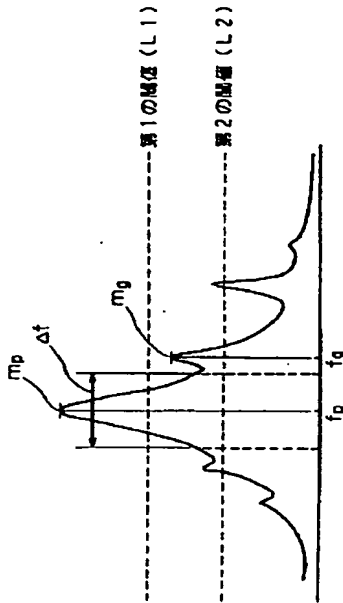
図2の閾値のさらなる別の変形例を説明する図

周波数 大きさ	小	中	大
小	Δf_1	Δf_2	Δf_4
中	Δf_2	Δf_3	Δf_5
大	Δf_4	Δf_5	Δf_6

$$\Delta f_1 < \Delta f_2 < \Delta f_3 < \Delta f_4 < \Delta f_5 < \Delta f_6$$

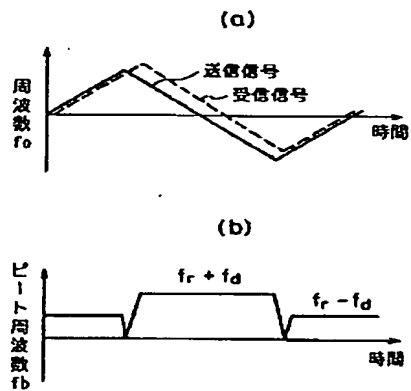
【図11】

第1の副波及び第2の副波の生成を説明する図



【図16】

図15のFM-CWレーダの信号波形を示す図



【図15】

従来のFM-CWレーダの概略を示す図

